



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

①⑫ **Offenlegungsschrift**  
①⑩ **DE 102 17 646 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:  
**G 05 B 15/02**  
G 05 B 19/04  
G 08 C 15/00

②① Aktenzeichen: 102 17 646.9  
②② Anmeldetag: 19. 4. 2002  
④③ Offenlegungstag: 6. 11. 2003

DE 102 17 646 A 1

⑦① Anmelder:  
Endress + Hauser GmbH + Co. KG, 79689 Maulburg,  
DE  
  
⑦④ Vertreter:  
Andres, A., Pat.-Anw., 79576 Weil am Rhein

⑦② Erfinder:  
Müller, Roland, 79585 Steinen, DE; Bekkum, Frank  
van, Norcross, Ga., US

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE	195 20 745 C2
DE	196 32 609 A1
DE	100 43 629 A1
DE	100 06 755 A1
GB	22 99 074
US	58 41 654
US	54 91 649
WO	01/02 891 A2

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

- ⑤④ Verfahren zur Bestimmung einer charakteristischen Größe eines Prozessmediums  
⑤⑦ Bei einem Verfahren zur Bestimmung einer charakteristischen Größe eines Prozessmediums ist das Auswerteprogramm A gekapselt und selbstständig kommunikationsfähig mit definierten Kommunikationsstellen.

DE 102 17 646 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer charakteristischen Größe eines Prozessmediums gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] In der Automatisierungs- und Prozesssteuertechnik werden vielfach Feldgeräte eingesetzt, die in einem industriellen Prozessablauf verschiedene Prozessvariable messen (Sensoren) oder Regelgrößen steuern (Aktoren).

[0003] Als Beispiel für Aktoren sind steuerbare Ventile zu nennen, die den Durchfluss einer Flüssigkeit oder eines Gases in einem Rohrleitungsabschnitt regeln.

[0004] Sensoren zur Durchfluss-, Füllstands-, Druck-, Temperaturbestimmung etc. sind allgemein bekannt. Zur Erfassung der entsprechenden Prozessvariablen Massen- oder Volumendurchfluss, Füllhöhe, Druck, Temperatur, etc. sind die Sensoren in unmittelbarer Nähe zu der betreffenden Prozesskomponente angeordnet.

[0005] Jeder Sensor liefert einen Messwert, der dem aktuellen Wert der erfassten Prozessvariablen entspricht. Dieser Messwert wird an eine Steuereinheit SPS (z. B. Speicherprogrammierbare Steuerung), Warte- oder Prozessleitsystem PLS) über einen Datenbus weitergeleitet.

[0006] In der Regel erfolgt die Prozesssteuerung von der Steuereinheit, wo die Messwerte verschiedener Feldgeräte ausgewertet werden und aufgrund der Auswertung Steuersignale für die entsprechenden Aktoren erzeugt werden.

[0007] Neben der reinen Messwertübertragung kann das Feldgerät auch zusätzliche Informationen (Diagnose, Status etc.) an die Steuereinheit übertragen. Außerdem können Feldgeräte über den Datenbus parametrisiert und konfiguriert werden.

[0008] Die Signalübertragung zwischen Feldgerät und Steuereinheit kann in analoger oder digitaler Form erfolgen (z. B. Stromschleife oder digitaler Datenbus). Bekannte internationale Standards für die Signalübertragung sind 4–20 mA Stromschleifen, Hart®, Profibus®, Foundation Fieldbus® oder CAN®-Bus.

[0009] Die Signalverarbeitung im Feldgerät und die Kommunikation des Feldgerätes mit der Steuereinheit oder anderen Feldgeräten wird immer aufwendiger. Hierfür sind verschiedene Hardwarekomponenten mit entsprechender Software im Feldgerät implantiert.

[0010] Vielfach ist Steuereinheit nicht direkt mit dem Datenbus verbunden, sondern mit einem übergeordneten Firmennetzwerk. Zwischen dem Datenbus (Feldbus) und dem Firmennetzwerk dient ein Controller als Gateway.

[0011] Von der Steuereinheit aus erfolgt nicht nur die Prozesssteuerung sondern auch Prozessbeobachtung und sowie die Prozessvisualisierung und das Engineering.

[0012] Die Verarbeitung der Messwerte kann im Leitsystem oder in der SPS oder in der Remote I-O stattfinden.

[0013] Entsprechende Anwendungen sind bekannt, z. B. im Petro-Bereich der FuilsManager® 2000 von Endress + Hauser System & Gauging oder der Applipac® ebenfalls von der Firma Endress + Hauser.

[0014] Mit Hilfe dieser Anwendung werden die Messwerte ausgewertet und die charakteristische Größe z. B. eines Füllgutes in einem Behälter bestimmt.

[0015] Bei der charakteristischen Größe kann es sich z. B. um die Masse, oder das Netto-Standard-Volumen des Füllgutes handeln.

[0016] Nachteil dieser Anwendungen ist, dass sie die Messwerte aufwendig zu der entsprechenden Auswerteeinheit übertragen werden müssen und dass die Anwendung nur auf speziellen Systemen lauffähig ist.

[0017] Häufig müssen zusätzliche Komponenten installiert werden, die die Übertragung der Messwerte bewerk-

stelligen oder in denen die Anwendung abläuft (Commute S-Modul von der Firma Endress + Hauser). Ein weiterer Nachteil ist, dass die Anwendungen nur mit einer ganz speziellen Kombination von Sensoren funktionsfähig sind.

[0018] Aufgabe der Erfindung ist es ein Verfahren zur Bestimmung einer charakteristischen Größe eines Prozessmediums z. B. eines Füllguts in einem Behälter anzugeben, das die oben genannten Nachteile nicht aufweist, das insbesondere sehr flexibel ist.

[0019] Gelöst wird diese Aufgabe durch das in Anspruch 1 angegebene Verfahren. Vorteilhafte Weiterentwicklungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0020] Die wesentliche Idee der Erfindung besteht darin, eine charakteristische berechnete Größe eines Prozesses oder eines Produktes mit Hilfe eines Auswerteprogramms zu bestimmen, wobei das Auswerteprogramm gekapselt und selbständig kommunikationsfähig ist. Hierfür weist das Auswerteprogramm definierte Schnittstellen auf, über z. B. die Messwerte verschiedener Sensoren zugeführt werden. Das Auswerteprogramm ist auf den verschiedenen Einheiten, die mit dem Datenbus verbunden sind lauffähig.

[0021] Dadurch ist das Auswerteprogramm nicht auf eine spezielle Kombination von Sensoren (Gerätekonstellation) beschränkt.

[0022] Normalerweise verwendet ein Prozessleitsystem eine Master Slave Konfiguration. Alle Daten laufen über den Master und stehen somit ohne die Vermittlung des Masters nur diesem zur Verfügung. Wählt man eine Topologie in der die Sensoren (Slaves) untereinander Daten austauschen können, so kann die Berechnungen einer abgeleiteten Größe in einem der Slaves erfolgen, ohne hierzu das Leitsystem mit der Datenvermittlung belasten zu müssen.

[0023] Weiterhin sind mit dem erfindungsgemäßen Auswerteprogramm Plausibilitätsprüfungen eines Messwertes in einem Sensor möglich (Druck in Beziehung zum Kopfdruck, Füllstand in Beziehung zu einem Temperaturprofil). Teure Vermittlerstationen werden überflüssig. Außerdem können Messwerte von anderen Sensoren an einem Sensor dargestellt werden.

[0024] Durch die Kommunikation zwischen den Sensoren (Slave-Slave Kommunikation) verringert sich die Busbelastung.

[0025] Nachfolgend ist die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

[0026] Es zeigen:

[0027] Fig. 1 Prozessanwendung mit mehreren Sensoren in schematischer Darstellung.

[0028] Fig. 2 erfindungsgemäßes Auswerteprogramm in schematischer Darstellung.

[0029] In Fig. 1 ist eine Prozessanwendung zur Bestimmung einer charakteristischen Größe eines Füllgutes 1 in einem Behälter 3 schematisch dargestellt. Die Füllhöhe des Füllgutes ist mit h bezeichnet. Bei Anwendungen im Petro-Bereich wird die Füllhöhe von z. B. Rohöl in größeren Behältern (z. B. 150 m Durchmesser und 30 m Höhe) bestimmt.

[0030] Am Behälter 3 sind mehrere Sensoren S1, S2, S3, S4 angeordnet. Bei dem Sensor S1 kann es sich z. B. um einen Temperatursensor handeln, der die Temperatur an einer bestimmten Stelle im Tank oder aber auch an mehreren Stellen (Prothermo® von Endress + Hauser System & Gauging) im Behälter 3 ermittelt.

[0031] Mit dem Sensor S2 wird die Füllhöhe h des Füllgutes 1 im Behälter 3 bestimmt. Bei dem Sensor S2 kann es sich z. B. um einen Radarfüllstandssensor (Micropilot® Firma Endress + Hauser) handeln. Der Sensor S3 misst den Dampfdruck über dem Füllgut 1. Er ist nur notwendig, wenn

es sich bei dem Füllgut 1 um eine Flüssigkeit handelt.

[0032] Mit dem Sensor S4 wird die Dichte des Füllgutes 1 erfasst. Weiterhin ist am Behälter 3 eine Anzeigeeinheit 4 vorgesehen, die insbesondere die Anzeige der Messwerte der Sensoren S1, S2, S3, S4 erlaubt.

[0033] Die Sensoren S1, S2, S3, S4 sowie die Anzeigeeinheit 4 sind über einen Datenbus 5 miteinander verbunden.

[0034] Weiterhin ist der Datenbus 5 mit einer Remote I-O verbunden, die den Anschluss verschiedener 4–20 mA Messgeräte erlaubt. Zwischen dem Datenbus 5 und einem übergeordneten Firmennetzwerk 15 ist ein Controller 7 angeordnet, der als Gateway dient. An das Firmennetzwerk 15 sind verschiedene Rechnersysteme 11, 12 angeschlossen, die z. B. eine Prozessvisualisierung, Prozesssteuerung oder Prozessvisualisierung ermöglichen.

[0035] In Fig. 2 ist ein erfindungsgemäßes Auswerteprogramm A schematisch dargestellt. Das Auswerteprogramm A weist mehrere Kommunikationsschnittstellen L\_IN, W\_IN, T\_IN und Z\_IN auf. Bei diesen Kommunikationsschnittstellen handelt es sich um Eingänge über die die Messwerte Füllhöhe (L\_IN), Dichte (W\_IN), Temperatur T\_IN und evtl. Zusatzmesswerte (Z\_IN) dem Auswerteprogramm über den Datenbus 5 zur Verfügung gestellt werden. Diese Messwerte werden im Anwendungsprogramm A mit an sich bekannten Algorithmen verarbeitet. Hierbei wird auf die Offenbarung des FuilsManager® 2000 von Endress + Hauser bzw. dem Applipac von Endress + Hauser verwiesen.

[0036] Bei den einzelnen Komponenten des Anwendungsprogramms handelt es sich um einen Manual Data Switch MDS, einer Tank Corrective Tabel TCT, einem Differenzbildner –, einem Multiplikator X und einer weiteren allgemein bekannten Tabelle API/ASTM.

[0037] Die einzelnen Variablen bedeuten TOF Tank Observed Volume, GOV Gross Observed Volume, VCF Volume Correction Factor, GSV Gross Standard Volume, NSV Net Standard Volume und MASS Masse.

[0038] Das Auswerteprogramm A besitzt noch zwei weitere Kommunikationseingänge TANK und Product über die die Tankform und das Füllgut 1 spezifiziert werden.

[0039] Als Ausgangsgrößen stehen das Nettostandardvolumen NSV\_OUT und die Masse MASS\_OUT zur Verfügung.

[0040] Das Anwendungsprogramm A besitzt verschiedene definierte Kommunikationsschnittstellen und ist selbstständig kommunikationsfähig, dadurch kann es von einer beliebigen an den Datenbus 5 angeschlossenen Einheit (z. B. S1, S2, S3, S4, 4, 9, 7 oder in den Rechnersystemen 11, 12) ablaufen. Über die definierten Schnittstellen können die benötigten Informationen (Messwerte) einfach dem Auswerteprogramm über den Datenbus 5 zur Verfügung gestellt werden. Als charakteristische Größe des Füllgutes den bei diesem speziellen Auswerteprogramm A Nettostandardvolumen oder die Masse des Füllgutes zur Verfügung.

[0041] Misst der Temperatursensor S1 die Temperatur im Behälter 3 mit mehreren Temperaturelementen, so kann die Flüssigkeits- und Gasphasentemperatur mit einem entsprechenden Auswerteprogramm bestimmt werden. Hierfür benötigt dieses Auswerteprogramm den Messwert des Füllstandssensors S2. Dadurch ist eine Unterscheidung zwischen mit Flüssigkeit bedeckten Temperaturelementen und Temperaturelementen in der Gasphase möglich. So kann in einfacher Weise die Flüssigkeitstemperatur sowie die Gasphasentemperatur mit dem gekapselten Auswerteprogramm bestimmt werden.

[0042] Weiterhin tritt an der Grenzfläche flüssig-gasförmig ein Temperatursprung auf. Liegt der Temperatursprung nicht an der vom Füllstandssensor S2 übertragenen Mess-

wert (Höhe h), so liegt möglicherweise eine Fehlfunktion des Füllstandssensors S2 vor. Dadurch ist mit dem entsprechenden Auswerteprogramm eine Plausibilitätsprüfung des Füllstandssensors S2 möglich. Bei einer Fehlfunktion wird eine entsprechende Fehlermeldung vom Auswerteprogramm erzeugt.

[0043] Sind zwei Drucksensoren an einem Behälter vorgesehen, wobei der eine den Kopfdruck und der andere den hydrostatische Druck bzw. die Dichte der Flüssigkeit (1) misst, so kann hier mit einem weiteren Auswerteprogramm ebenfalls eine Plausibilitätsprüfung stattfinden, wenn dem Auswerteprogramm noch die Füllhöhe h im Behälter 3 zur Verfügung gestellt wird. Liegt der Füllstand h unterhalb des unteren Drucksensors, so müssen die Messwerte der beiden Drucksensoren übereinstimmen, andernfalls liegt ein Defekt vor.

[0044] Weiterhin kann die Dichte der Flüssigkeit nicht mehr genau bestimmt werden, wenn die Füllhöhe h in der Nähe oder unterhalb des unteren Drucksensors liegt.

[0045] In vorteilhafter Weise handelt es sich bei dem Datenbus 5 um einen Foundation Fieldbus®/H1. Die Spezifikation für diesen Feldbus ist bei der Foundation Fieldbus® zu beziehen. In diesem Fall handelt es sich bei dem Auswerteprogramm A um einen entsprechenden Funktionsblock (Flexible Function Block). Flexible Function Blocks sind ebenfalls von der Foundation Fieldbus® spezifiziert.

[0046] In analoger Weise kann es sich bei dem Datenbus 5 um einen Profibus® handeln und damit bei dem Auswerteprogramm A um einen Profibus Funktionsblock.

[0047] Neben der Füllstandsbestimmung in einem Behälter sind selbstverständlich noch weitere Prozessanwendungen denkbar, die mit einem entsprechenden erfindungsgemäß gekapselten Auswerteprogramm A abgedeckt werden können.

[0048] Das Prozessmedium M kann eine Flüssigkeit, ein Gas oder ein Schüttgut sein.

[0049] Beispielsweise kann der Dampfrechner Compart DXF 351 von der Firma Endress + Hauser in ein Auswerteprogramm A integriert werden.

[0050] Das Auswerteprogramm A kann auch firmenspezifische Know-how beinhalten.

[0051] Das Auswerteprogramm A ist auf den verschiedenen Einheiten, die mit dem Datenbus 5 verbunden sind lauffähig.

[0052] Dadurch ist das Auswerteprogramm A nicht auf eine spezielle Kombination von Sensoren (Gerätekonstellation) beschränkt. Sensoren können leicht ausgetauscht werden und das Auswerteprogramm A auf einen neuen Sensor übertragen werden.

[0053] Weiterhin sind mit dem erfindungsgemäßen Auswerteprogramm A Plausibilitätsprüfungen eines Messwertes in einem Sensor möglich (Druck in Beziehung zum Kopfdruck, Füllstand in Beziehung zu einem Temperaturprofil). Teure Vermittlerstationen werden überflüssig. Außerdem können Messwerte von anderen Sensoren an einem Sensor dargestellt werden.

[0054] Durch die Kommunikation zwischen den Sensoren (Slave-Slave Kommunikation) verringert sich die Busbelastung.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung einer charakteristischen Größe eines Prozessmediums M, mit einem Auswerteprogramm A, dem verschiedene Messwerte wie Temperatur, Dichte und Druck etc. des Prozessmediums M von entsprechenden Sensoren (S1, S2, S3, S4), die über einen Datenbus (5) verbunden sind, zur Verfügung ge-

stellt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Auswerteprogramm A gekapselt und selbständig kommunikationsfähig mit definierten Kommunikationsschnitten ist, so dass es in einem der mit dem Datenbus verbundenen Sensoren (z. B. S1, S2, S3, S4) oder in einer weiteren mit dem Datenbus verbundenen Einheit lauffähig ist. 5

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mit dem Auswerteprogramm A die charakteristische Größe eines Füllguts (1) in einem Behälter (3) bestimmt wird. 10

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Auswerteprogramm A firmenspezifisches Know-how enthält.

4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die charakteristische Größe die Masse des Füllgutes (1) ist. 15

5. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die charakteristische Größe das Nettostandvolumen des Füllgutes (1) ist. 20

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Auswerteprogramm ein Foundation Fieldbus® Funktionsblock oder ein Profibus® Funktionsblock ist. 25

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

30

35

40

45

50

55

60

65

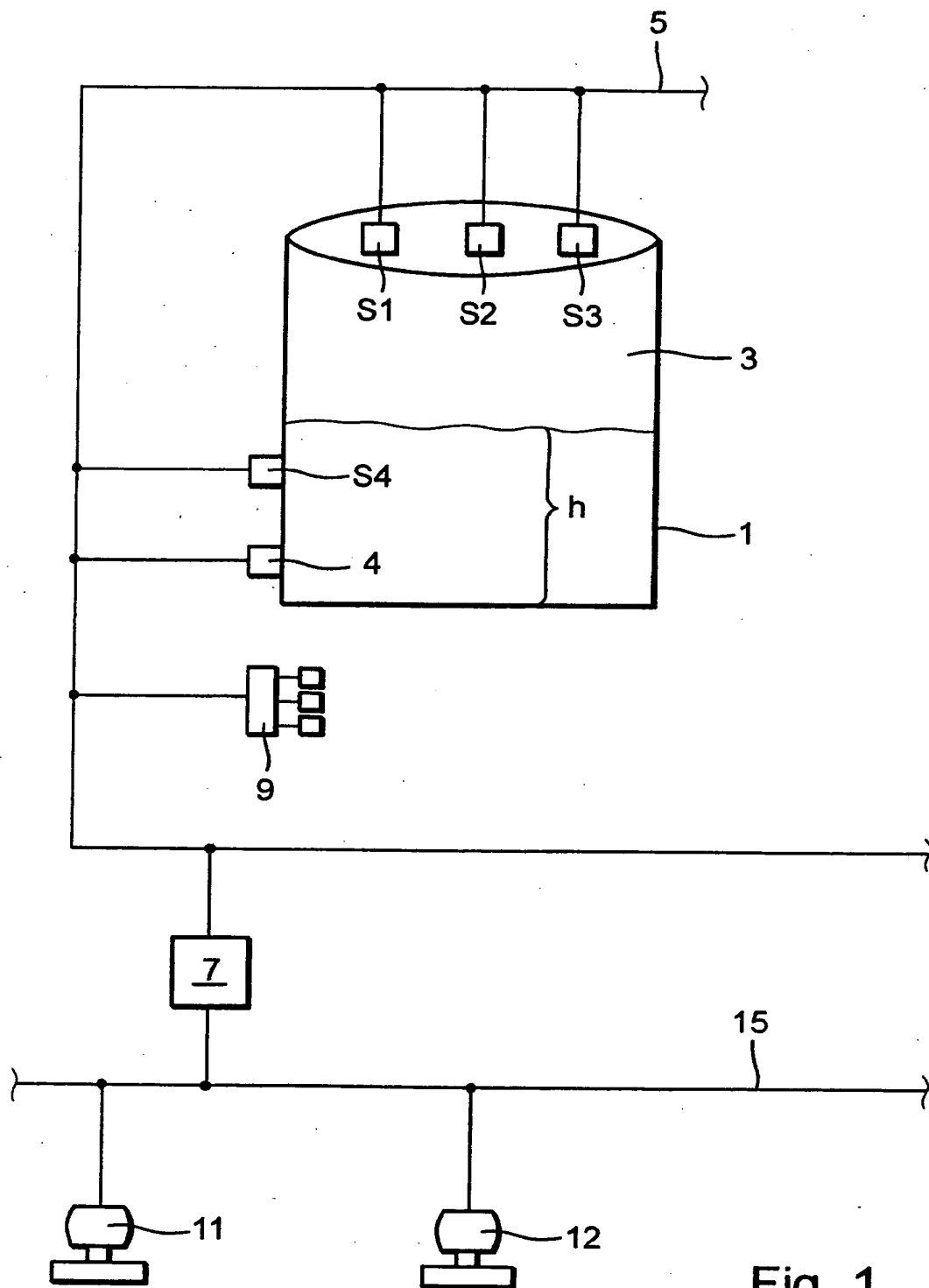


Fig. 1

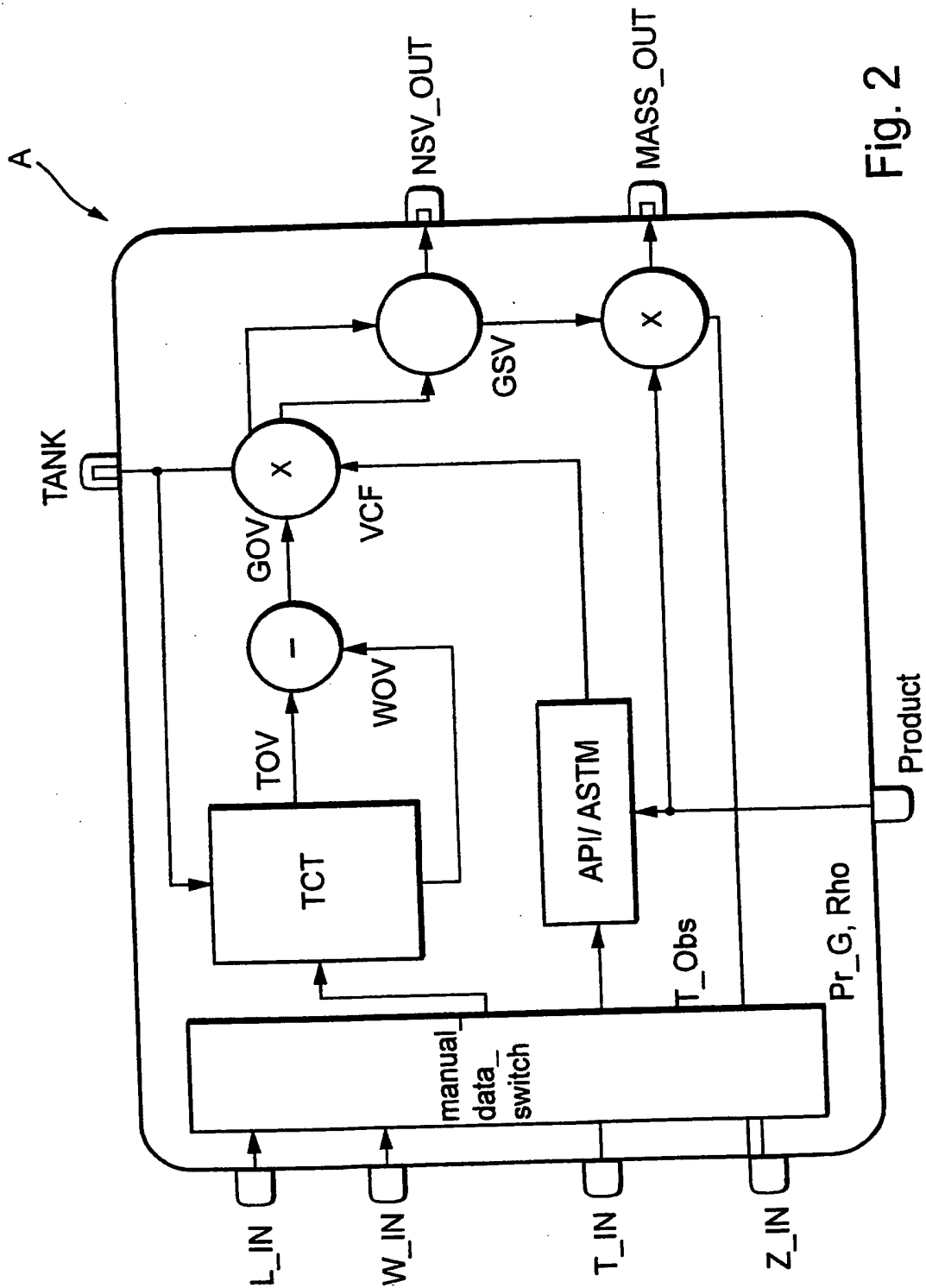


Fig. 2